

CONOCIMIENTOS DE ESTUDIANTES QUE INICIAN EL BACHILLERATO SOBRE NOCIONES BÁSICAS DE GENÉTICA Y APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA

Cristina Ruiz González, Enrique Banet Hernández, Luisa López Banet
Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Murcia.

RESUMEN: Este estudio analiza los aprendizajes sobre nociones básicas de Genética y los conocimientos sobre aplicaciones de la Biotecnología, con las que 80 estudiantes de 4 IES inician el Bachillerato. El cuestionario utilizado ha sido elaborado a partir de los contenidos del currículo y de los resultados de entrevistas previas.

Los resultados -analizados mediante estrategias cualitativas y estadística no paramétrica- ponen de manifiesto la existencia de carencias importantes en los aprendizajes sobre Genética y escaso conocimiento de las aplicaciones de la Biotecnología, mostrando diferencias significativas entre los distintos centros.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje, Genética, Biotecnología, Bachillerato.

OBJETIVOS: En la educación científica es necesaria la integración de conocimientos académicos y sociales y analizar la manera en la que los avances científicos inciden en la sociedad. En este sentido, el estudio de la Biotecnología supone un reto para la enseñanza, al plantear controversias de interés socio-científico (Jiménez Aleixandre, 2010). Es tendencia internacional incluir la Biotecnología en la educación secundaria, asumiendo que, previamente, los estudiantes deben aprender conceptos básicos sobre Genética (France, 2007). El currículo LOE (vigente cuando los estudiantes de la muestra cursaron la ESO), proponía, entre otros contenidos: *estructura celular; reproducción de los seres vivos; composición, estructura y propiedades del ADN; aproximación al concepto de gen...*; y en relación con la Biotecnología: *ingeniería y manipulación genética; alimentos transgénicos; clonación...* Cabe esperar que al finalizar la ESO, los estudiantes hubieran aprendido las nociones básicas en relación con estos contenidos.

Como parte de un proyecto más amplio, esta investigación analiza dos interrogantes, referidos a estudiantes que inician el Bachillerato en Ciencias:

- *Problema 1. ¿Qué aprendizajes han desarrollado sobre algunas nociones de Genética, importantes para conocer las aplicaciones de la Biotecnología?*
- *Problema 2. ¿Qué conocimientos muestran sobre las aplicaciones de la Biotecnología?*

MARCO TEÓRICO

Organizamos los resultados de la revisión bibliográfica en dos ámbitos.

Investigaciones sobre conocimientos de nociones básicas de Genética

Son muy numerosas y solo nos podemos referir a unas pocas. En relación con ciertas *características generales de la herencia biológica*, Lewis y Wood-Robinson (2000) señalan confusión de los estudiantes al explicar el término “información genética”, también el desconocimiento de cómo los genes determinan las características de los individuos.

En cuanto a la *localización de la información hereditaria*, muchos estudiantes: no reconocen las relaciones entre cromosoma, gen y ADN, atribuyendo a determinados seres vivos genes y no cromosomas (Lewis, Leach, Wood-Robinson, 2000); solo localizan los cromosomas sexuales en los gametos, no reconocen la estructura celular de las plantas e, incluso, no consideran que éstas tengan reproducción sexual (Banet y Ayuso, 2000).

Conocimientos de los estudiantes sobre la Biotecnología y sus aplicaciones

Estudios más recientes (Ramón, Diamante y Calvo, 2008) concluyen que las ideas de los estudiantes sobre qué es la Biotecnología son confusas (manipular la naturaleza o mutar organismos); la consideran una disciplina artificial, la asocian con técnicas novedosas y muestran más interés por sus aplicaciones en medicina (Fonseca, Costa, Lencastre y Tavares, 2012); no la relacionan con procesos tradicionales, sino con la ingeniería genética (Occelli, Vilar y Valeiras, 2011); e interpretan de manera inadecuada sus aplicaciones, como la clonación (Abril, Mayoral y Muela, 2004).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para responder a las dos preguntas procedimos de la siguiente manera:

Selección de la muestra

Participaron 80 sujetos que iniciaban el bachillerato en 4 centros de educación secundaria (IES), de 3 Comunidades Autónomas, con diferentes características contextuales (cuadro 1).

Cuadro 1.
Características de la muestra

IES 1 (n=31).	Murcia. Familias con profesionales liberales y funcionarios. Nivel de los estudiantes medio-alto.
IES 2 (n=13).	Municipio de Albacete. Muchas familias con estudios primarios. Nivel de los estudiantes medio.
IES 3 (n=21).	Municipio de Murcia. Familias con estudios primarios y medios. Nivel de los estudiantes medio.
IES 4 (n=15).	Periferia de Granada. Familias con profesiones en sectores secundario y terciario. Nivel de los estudiantes medio-bajo.

Diseño del instrumento de recogida de información

- Selección de los contenidos (mapa de conceptos) a partir de las orientaciones curriculares y de los resultados de la revisión bibliográfica.
- Diseño del cuestionario inicial, ensayado mediante entrevistas individuales.
- Cuestionario final: incluye preguntas sobre nociones básicas de Genética y sobre conocimientos de las aplicaciones de la Biotecnología.

Análisis de los resultados

Estrategias *cuantitativas* -estadística descriptiva y no paramétrica (U de Mann-Whitney a un nivel significación de $\alpha < 0.05$, para admitir diferencias entre grupos)- y *cualitativas* (establecimiento de categorías).

RESULTADOS

Localización de la información hereditaria en seres vivos.

Las 3 primeras preguntas se orientaban a conocer los aprendizajes de los estudiantes sobre la presencia de núcleo, genes y ADN en seres vivos próximos y más alejados taxonómicamente de la especie humana. Todos los estudiantes respondieron a las preguntas (tabla 1) y más del 90% del total atribuyen *núcleo, genes y ADN* a los ejemplos de *animales* presentados, aunque se constatan diferencias significativas entre centros para la presencia de *genes* y de *ADN*.

Tabla 1.
Núcleo, genes y ADN en seres vivos (estudiantes/centro)

	NÚCLEO					GENES					ADN				
Ser vivo	1	2	3	4	T	1	2	3	4	T	1	2	3	4	T
Perro	29	10	21	15	75	31	11	21	15	78	31	12	21	15	79
Araña	28	10	21	15	74	29	10	21	14	74	30	10	21	15	76
Trucha	29	10	21	14	74	30	10	21	14	75	31	11	21	15	78
Rosal	28	6	21	10	65	24	10	20	8	62	25	4	21	8	58
E. coli	9	4	8	9	30	14	1	14	3	32	20	6	20	6	52
Estudiantes	31	13	21	15	80	31	13	21	15	80	31	13	21	15	80

El número total de respuestas correctas para la *planta* disminuye (entre un 81% para núcleo y 72.5% para ADN); descenso mayor en *E. coli*, pues solo un 40% de estudiantes le atribuye genes (¡pero el 65% considera que posee ADN!). En estos dos seres vivos se encuentran diferencias significativas entre los centros para *núcleo, genes y ADN*.

Los resultados estadísticos muestran mejores niveles de aprendizaje en los IES 1 y 3, siendo el 2 en el que se obtienen los peores resultados.

Mecanismos de reproducción

Cuando responden a la pregunta 4 (tabla 2), todos los estudiantes identifican la reproducción sexual en el perro, número que baja para los otros dos animales; descenso más acusado en los IES 2 y 4, existiendo diferencias significativas entre estos centros y los IES 1 y 3, constatando, de nuevo, mejores aprendizajes en los dos últimos.

Tabla 2.
Reproducción sexual (estudiantes/centro)

Ser vivo	1	2	3	4	T
Perro	31	13	21	15	80
Araña	25	5	20	6	56
Trucha	29	5	19	6	59
Rosal	12	0	11	1	24
E. coli	1	0	0	0	1

Sin embargo, solo un 30% del total de los estudiantes atribuyen al rosal reproducción sexual, sin que existan diferencias significativas entre ninguno de los centros.

Noción de gen, alelo y ADN.

Las definiciones de los estudiantes sobre estos términos (pregunta 5) se agruparon tomando como referencias las que proponen los libros de texto y las que escribieron 5 profesores de IES, con experiencia docente. Utilizando como ejemplo el concepto de gen, establecimos las siguientes categorías:

- A: incluyen características estructurales (*fragmento de ADN, localizado en los cromosomas*) y funcionales (*portador de una parte de la información hereditaria de los seres vivos, que se transmite a la descendencia*) básicas.
- B: omiten una característica básica de su estructura o de su función.
- C: no incluye ninguna característica básica de su estructura o de su función.
- D: otros casos.

Los resultados (tabla 3) muestran que se han obtenido 186 respuestas de las 240 posibles, lo que indica cierto interés por responder: el 97,5% de la muestra definen ADN, algo más del 76% lo hacen para genes y casi un 60% definen alelo. Más del 60% de los estudiantes señalaron que estaban seguros o casi seguros de sus respuestas.

Tabla 3.
Definiciones de gen, alelo y ADN (estudiantes/centro)

	IES 1				IES 2				IES 3				IES 4			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Gen	2	6	12	5	0	2	6	1	0	5	13	1	0	1	1	6
Alelo	0	1	8	7	0	0	8	0	0	9	8	4	0	1	0	1
ADN	1	8	22	0	0	5	8	0	0	13	8	0	1	2	9	1

Muy pocos estudiantes se encuentran en la categoría A (ninguno en el caso de alelo). Además, las mejores respuestas no se obtienen siempre en el mismo centro (IES 1 para gen; IES 3 para el resto de términos). Los análisis estadísticos sitúan, de nuevo, las mejores respuestas en los IES 1 y 3.

Identificación de aplicaciones de la Biotecnología

Cuando se pidió a los estudiantes que escribieran aplicaciones en medicina, alimentación, agricultura, industria y medio ambiente, con repercusión en la sociedad y en las personas (pregunta 6), el 50% de los estudiantes no citaba ninguna (tabla 4); entre los que sí lo hacen, la mayoría indican 1 o 2; son pocos los que señalan 3 o más. En este caso existen diferencias significativas entre los IES 3 y 4 con los centros 1 y 2, siendo los estudiantes de estos últimos los que más aplicaciones señalan.

Tabla 4.
Aplicaciones citadas (estudiantes/centro)

Nº Aplicaciones	1	2	3	4
0	11	1	17	11
1-2	9	7	3	3
3-4	9	2	1	1
5-6	2	3	0	0
Aplicaciones/estudiante	1.77	2.53	0.43	0.47

Las más citadas se relacionaban con la alimentación (alimentos transgénicos) y con la medicina (terapia génica); siendo poco conocidas las que tienen que ver con la agricultura, la industria o el medio ambiente.

Grado de conocimiento de algunas aplicaciones de la Biotecnología.

En la pregunta 7 se presentaron distintas aplicaciones y se pedía a los estudiantes que explicaran en qué consistía cada una de ellas y citaran sus ventajas e inconvenientes.

En los IES 1 y 2 se produce mayor número de respuestas (solo un 10% quedan en blanco) y de estudiantes que conocen la naturaleza de las aplicaciones presentadas (tabla 5), sin que existan diferencias significativas entre ellos para ninguna de las aplicaciones.

El número de estudiantes que no responden en los IES 3 y 4 se eleva hasta el 50% y se constatan diferencias significativas entre estos dos grupos de centros para la mayoría de las aplicaciones presentadas.

Tabla 5.
Estudiantes que conocen la naturaleza de las aplicaciones

Aplicaciones	IES 1	IES 2	IES 3	IES 4
Diag. molecular preventivo	7	2	2	2
Terapia génica	6	2	0	0
Fermentación alimentos	3	3	2	0
Alimentos transgénicos	10	6	3	5
Plantas/bacterias en industria	0	2	0	0
Tratamiento residuos	6	2	0	0
ADN ciencias forenses	16	7	3	1

Por ejemplo, explicaban el diagnóstico molecular preventivo como *el conocimiento de las enfermedades que podría tener una persona en el futuro mediante el estudio del ADN*, con ventajas como la prevención de enfermedades y con posibles riesgos para la salud, como inconvenientes; explicación que hemos considerado adecuada para el nivel de estos estudiantes.

Valoración de afirmaciones sobre Biotecnología

En la pregunta 8 se presentaron a los estudiantes 6 afirmaciones, para que las valoraran como verdaderas o falsas. De nuevo las aplicaciones en medicina (a) y en la alimentación (c) son más conocidas que las relacionadas con la industria o el medio ambiente (tabla 6).

Tabla 6.
Valoraciones sobre aplicaciones de la Biotecnología (respuestas correctas)

<i>Afirmación</i>	<i>IES 1</i>	<i>IES 2</i>	<i>IES 3</i>	<i>IES 4</i>	<i>T</i>
a. El análisis de los genes de un individuo puede ayudar a saber a qué enfermedades será más propenso (V)	24	13	11	12	60
b. Sólo los microorganismos genéticamente modificados pueden producir antibióticos (F)	15	8	8	8	39
c. Las plantas transgénicas tienen genes, pero no tienen genes las plantas no transgénicas (F)	23	9	13	12	57
d. No es posible transferir genes de una especie a otra (F)	12	8	5	11	36
e. Las enzimas tienen una gran aplicabilidad en la industria en sectores como el alimentario, textil o papelería (V)	18	7	10	8	43
f. La biorremediación mediante microorganismos genéticamente modificados capaces de eliminar materiales que son difíciles de degradar naturalmente es un método de descontaminación utilizado por ejemplo en derrames de petróleo (V)	17	3	7	6	33

CONCLUSIONES

Aunque los contenidos del currículo son explícitos, como respuesta general a los problemas formulados, podemos señalar que los aprendizajes de los estudiantes que inician el Bachillerato en Ciencias son mejorables.

En relación con el *problema 1*, coincidimos con Lewis, Leach y Wood-Robinson, (2000) en que no están claras las relaciones entre genes y ADN (para algunos estudiantes no les supone contradicción admitir que un organismo puede contener ADN, pero no genes); encontramos, como Lewis y Wood-Robinson (2000), que muchos estudiantes no consideran que las plantas tienen reproducción sexual; y que un número importante de estudiantes no identifican las características básicas (estructural y funcional) de genes, alelos o ADN.

Son conocimientos importantes para comprender, a nivel elemental, las aplicaciones de la Biotecnología (*problema 2*), ámbito sobre el que los estudiantes muestran escasos conocimientos, en cuanto al número que son capaces de identificar y, también, a la naturaleza de las mismas, incluso, de aquellas socialmente más divulgadas. Por otra parte, el profesorado debería tener en cuenta que muchos estudiantes piensan: que no es posible transferir genes de una especie a otra; que solo los microorganismos genéticamente modificados pueden producir antibióticos (coincidiendo con Ocelli, Vilar y Valeiras, 2011), idea que puede estar relacionada con la asociación de biotecnología con ingeniería genética; que las plantas transgénicas tienen genes, pero no los tendrían las que no lo son.

Además, los IES con mejores conocimientos de Genética (1 y 3) y de las aplicaciones de la Biotecnología (centros 1 y 2), no siempre coinciden; circunstancia que solo apunta al mayor rendimiento académico de los estudiantes del IES 1, como se desprendía de la opinión de su profesorado.

Estos resultados reclaman mucha más atención por parte de la investigación educativa y de la enseñanza, con objeto de integrar, como decíamos al comienzo, los contenidos académicos con las controversias socio-científicas derivadas de las aplicaciones de la Biotecnología, línea en la que se sitúa nuestro proyecto de investigación, del que esta comunicación es solo el inicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL A.M.; MAYORAL M. V. y MUELA, F. J. (2004) “Los medios de comunicación social y la didáctica de la Genética y la Biología Molecular en E.S.O.” En “La nueva alfabetización: un reto para la educación del siglo XXI” Ed. Centro de Enseñanza Superior en Humanidades y Ciencias de la Educación “Don Bosco”.367-368
- BANET, E. y AYUSO, G.E. (2000) Teaching Genetics at Secondary School: a strategy for teaching about the location of Inheritance information. *Science Education*, 84 (3), 313-351.
- FONSECA, M.J., COSTA, P., LENCASTRE, L. y TAVARES, F. (2012) Multidimensional analysis of high-school students’ perceptions about biotechnology. *Journal of Biological Education*, 46(3), 129-139.
- FRANCE, B. (2007) Location, location, location: Positioning Biotechnology Education for the 21st Century. *Studies in Science Education*, 43, 88-122.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona:Graó.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD-ROBINSON, C. (2000). All in the genes?-young people’s understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.
- LEWIS, J. y WOOD-ROBINSON, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- OCCELLI, M., VILAR, T. y VALEIRAS, N. (2011) Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), 227-242.
- RAMÓN, D., DIAMANTE, A., CALVO, M.D. (2008) Food biotechnology and education. *Electronic Journal of Biotechnology*, 11(5).

